



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554408_0065

DAS VERHALTEN DES BAUCHPRESSENDRUCKES ZUM
UTERUSEIGENDRUCK SUB PARTU

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

GISELA LOOS

Mainz



Mainz 1961

Referent: Professor Dr. Langreder

Korreferent: Professor Dr. Schwalm

Dekan: Professor Dr. Leicher

Tag der mündlichen Prüfung: 18.1.1961

Datum des Diploms: 18. Jan. 1961

GESAMTHERSTELLUNG

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64 - 66

INHALTSVERZEICHNIS

- A. Methoden zur Bestimmung des intrauterinen Druckes sub partu.
 - I. Messungen mit einem Ballon
 - a.) Schatz
 - b.) Temesvary
 - II. Messungen mit einem Katheter
 - a.) Williams, Stallworthy
 - b.) Alvarez, Caldeyro - Barcia
 - III. Messungen nach elektrischen Methoden
 - a.) Karlson
 - b.) Ingelman - Sundberg, Lindgren
 - IV. Messungen durch die Bauchdecken.
 - a.) Smyth
- B. Das Verhalten des Bauchpressendruckes zum Uterusdruck in der Austreibungszeit.
 - I.
 - a.) Uterusdruck
 - b.) Rumpfpessendruck
 - II.
 - a.) Theorie Sellheims
 - b.) Additionstheorie
 - Woodbury
 - Alvarez, Caldeyro - Barcia
 - Smyth
 - III.
 - a.) Physikalische Eigenschaften des Uterus
 - b.) Druckübertragung
 - IV. Physikalische Berechnungen (Modelldarstellung)
 - V. Modellversuche

C. Klinische Messungen

I. Methoden

II. Kasuistik

III. Ergebnis

D. Zusammenfassung

E. Literaturverzeichnis

In der vorliegenden Arbeit sollen die zwei Kräfte, die geburtsmechanisch die bedeutendste Rolle bei der Austreibung des Kindes spielen, behandelt werden. Diese Kräfte sind: der vom Myometrium erzeugte Uteruseigendruck und der später in der Austreibungsperiode auftretende Rumpfpessendruck. Bis heute ist das Zusammenwirken des abdominellen Druckes und des Uteruseigendruckes physikalisch völlig unklar.

Es soll deshalb versucht werden, die Frage, wieviel sich vom Rumpfpessendruck auf den Uteruseigendruck überträgt, durch physikalische Berechnungen und klinische Messungen zu beantworten.

Bevor jedoch dieses Thema näher erörtert wird, scheint es erforderlich, einen Überblick über die einzelnen Methoden der intrauterinen und intraabdominellen Druckmessung zu geben. Jedes dieser Verfahren hat gewisse Vorteile, besitzt aber auch Fehlerquellen.

Zur Bestimmung des intrauterinen und intraabdominellen Druckes muß man daher möglichst optimale Meßmethoden entwickeln, um genaue Ergebnisse ermitteln zu können.

METHODEN ZUR BESTIMMUNG DES INTRAUTERINEN DRUCKES

SUB PARTU

Die ersten Versuche zur Bestimmung der Kraft, mit welcher der Uterus das Kind austreibt, führten um 1860 Poppel und Duncan durch. Sie bestimmten den Druck, der die Eihäute sprengt. Dabei gingen sie von der Annahme aus, daß die gleiche Kraft, die zum Sprung der Eihäute führt auch das Kind austreibt.

Bei dem Blasensprung und der Austreibung des Kindes spielen aber verschiedene Kräfte eine Rolle.

Die Kraft, die zur Sprengung der Eihäute führt, ist kleiner als diejenige, die notwendig ist, um das Kind durch die Geburtswege auszutreiben.

Die von Poppel und Duncan ermittelten Ergebnisse konnten daher keine Aussage über die Größe der intrauterinen Kraftentwicklung während der Austreibung des Kindes machen.

Schatz (1871) gelang es als erstem, eine Methode zur intrauterinen Druckbestimmung zu entwickeln. Mit dieser war es möglich, den Uterusinnendruck zu messen und kurvenmäßig zu registrieren.

Schatz benutzte dazu folgendes System:

Eine Kolpeurynterblase wird durch die Vagina in den Uterus eingeführt. Diese Blase kommt intrauterin auf der Bauchseite der Frucht zwischen der Uteruswand und den Eihäuten zu liegen. Dünne Schläuche oder kompressible Kanüle verbinden den Ballon mit einem Flüssigkeitsmanometer (z. B. Quecksilber). Eine Feder, die auf dem Quecksilber liegt, überträgt die verschiedenen im Uterus entstehenden Drucke auf ein Kymographion. So erhält man Kurven des intrauterinen Druckes.

Der Druck P ist definiert als eine Kraft (K), die auf eine Fläche (F) von bekannter Größe einwirkt.

$$P = \frac{K}{F}$$

Das Meßsystem ist bis zum Manometer mit Flüssigkeit gefüllt. (Flüssigkeit ist inkompressibel. Daher wird der Druck schneller und genauer fortgepflanzt als in Luft.)

Folgende Überlegungen führten Schatz zu dieser Methode:

Der durch die Uteruskontraktionen entstehende Druck bewirkt nicht nur einen Druckanstieg in der Amnionhöhle, sondern er überträgt sich auch auf den kleinen Ballon, der zwischen der Uteruswand und den Eihäuten liegt.

Die Kolpeurynterblase nimmt den Druck auf und leitet ihn über das mit Flüssigkeit gefüllte System zum Quecksilbermanometer weiter. Die intrauterine Druckentwicklung läßt sich direkt am Manometer ablesen. Die dabei entstehenden Schwankungen des Quecksilbers überträgt eine Feder auf das Kymographion.

Diese von Schatz angegebene Methode hat den Vorteil, daß sie im Vergleich zu den früher von Poppel und Duncan angestellten Versuchen reelle Werte des Uterusinnendruckes ergibt. Von besonderer Bedeutung ist auch die kurvenmäßige Aufzeichnung des intrauterinen Druckes.

Trotz der Erfolge, die Schatz bei seinen Messungen hatte, darf man die zahlreichen Mängel und Nachteile seiner Methode nicht übersehen.

1. Schatz kann seine gefundenen Werte für den intrauterinen Druck nicht dem absoluten Uterusinnendruck d. h., dem wirklich im Uterus herrschenden Druck gleichsetzen. Seine Ergebnisse sind vielmehr nur dem wahren Uterusinnendruck proportional.

Eine Druckübertragung von der Uterushöhle auf den flüssigen Balloninhalt ist

abhängig von den elastischen Eigenschaften (Wanddicke und Elastizität des Materials) des betreffenden Ballons.

2. Eine weitere Fehlerquelle, die nicht übersehen werden darf, entsteht dadurch, daß Flüssigkeit von außen in den Ballon bis zum Manometer eingefüllt werden muß. Dabei kann unbemerkt neben der Flüssigkeit auch Luft in das Meßsystem gelangen. Da Luft im Vergleich zur Flüssigkeit kompressibler ist, leitet sich der Druck im lufthaltigen Raum langsamer fort als im flüssigkeithaltigen Teil des Systems. Bei schnellen Druckschwankungen (Austreibungswehen) kann es daher zu falschen Druckkurven kommen.

3. Bei sehr hohen intrauterinen Druckentwicklungen zeigt das Quecksilbermanometer Eigenschwankungen, die durch die Trägheit dieses Schwermetalls bedingt sind. Dadurch entstehen Kurven, die keineswegs den im Uterus herrschenden Druck darstellen.

4. Jeder in die Gebärmutter gebrachte Katheter oder Ballon wirkt als Fremdkörper wehenanregend und wird daher ausgetrieben. Es ist daher schwierig, den Ballon an einen bestimmten Platz zu legen und auch dort zu halten.

5. Bei allen intrauterinen Druckmessungen besteht die Gefahr einer Infektion, die trotz bester Asepsis eintreten kann.

Temesvary führte zur Messung des Uterusinnendruckes einen Ballon in das Rectum ein. Er wollte eine intrauterine Infektion vermeiden. Bei seinen Druckregistrierungen benutzte er das von Schatz entwickelte System.

Folgende Überlegungen ließen ihn die Druckmessung im Rectum wählen: Das Rectum liegt in enger topographischer Nachbarschaft der Cervix. Folglich wird ein Teil des im Uterus entstehenden Druckes auch auf den im Rectum liegenden Ballon übertragen und kann aufgezeichnet werden.

Mit dieser Methode erhält man allerdings keine exakten Werte des intrauterinen Druckes. Man kann aber sehr gut die Wirkungsweise von Wehenmitteln auf den Uterus prüfen. Dabei kommt es nicht so sehr darauf an, wie groß der absolute Anstieg des intrauterinen Druckes ist. Es interessiert vielmehr, ob die Frequenz der Uteruskontraktionen ansteigt.

Mit der Schatzschen Methode war es zum ersten Mal möglich, die Wirkungsweise der verschiedenen Wehenmittel auf den Uterus objektiv zu registrieren.

Williams und Stallworthy entwickelten eine neue Methode zur Messung des intrauterinen Druckes sub partu. Mit dieser ist es möglich, den absoluten Uterusinnendruck anzugeben.

Sie sprengten die Fruchtblase mittels eines Drew Smyth-Katheters. Durch diesen führten sie einen 2 m langen Polyäthylenschlauch in den Uterus ein. Der im Uterus liegende Teil des Polyäthylenschlauches (Katheter) ist durchlöchert.

Am anderen Ende besteht eine Verbindung mit einem Druckmeß- und Registriersystem. Der Katheter füllt sich mit Fruchtwasser und überträgt so den Druck auf das übrige System. Mit dieser Methode können die Messungen bis zum Ende der Geburt durchgeführt werden.

Der Polyäthylenkatheter ist inkompressibel. Er kann daher von dem tiefertretenden Kopf nicht verschlossen werden; im Vergleich zur Schatzschen Registrierung, wobei die Kanülen kompressibel waren.

Diese Druckmessung mit einem offenen Katheter ermöglicht es, den intrauterinen Druck sehr genau zu bestimmen. Fehler, wie sie bei einer Übertragung des Druckes vom Uterus auf einen Ballon vorkamen, fallen fort. Allerdings besteht auch bei dieser Methode eine Fehlerquelle darin, daß der Druck vom Flüssigkeitsmanometer mittels einer Feder auf das Kymographion übertragen wird (s. bei Schatz).

Alvarez und Caldeyro-Barcia benutzten zur Bestimmung des intrauterinen Druckes ebenfalls einen offenen Katheter.

Sie punktierten durch die Bauch- und Uterusmuskulatur hindurch die Amnionhöhle mit einer Hohlnadel. Durch diese Nadel wurde ein dünner Polyäthylenkatheter in den Uterus eingeführt und die Punktionsnadel wieder entfernt. Der Katheter war über dünne Polyäthylenschläuche mit einem Registriersystem verbunden. Bei einem Druckanstieg im Uterus füllte sich das gesamte Meßsystem mit Fruchtwasser. Dadurch war eine quantitative Bestimmung des intrauterinen Druckes möglich.

Als Nulllinie gaben Alvarez und Caldeyro-Barcia allerdings den im Bauchraum herrschenden Druck an. Sie nahmen also an, daß sich der Druck im Bauchraum vollständig zum Druck im Uterus addiert.

Nach Angaben der Autoren konnte mit diesem Meßverfahren in allen drei Stadien der Geburt Druckregistrierungen vorgenommen werden, ohne den Gebärvorgang wesentlich zu behindern. Einerseits ergibt die von Alvarez und Caldeyro-Barcia angegebene Methode sehr genaue Werte des Uterusinnendruckes. Andererseits ist sie nicht ganz gefahrlos.

So entstanden an der Punktionsstelle im Uterus Hämatome, die zum Exitus letalis führten.

Außerdem besteht die Gefahr, daß bei der Punktion die Placenta verletzt wird.

Auch kann Fruchtwasser beim Herausziehen der Punktionsnadel in die Bauchhöhle gelangen und zu peritonitischen Reizungen führen.

Eine völlig neue Art der intrauterinen Druckregistrierung gibt der Schwede Karlson an.

Die Höhe des intrauterinen Druckes wird nach seinen Angaben elektrisch bestimmt.

Seine Meßapparatur setzt sich aus Druckreceptoren, elektrischen Batterien und einem Registrierapparat zusammen. Die Druckreceptoren bestehen aus zwei Kammern, die Kohlenstaub enthalten. Von jeder Kammer führen zwei Drähte zu ihren jeweiligen Anschlüssen an den Batterien.

Drei Druckempfänger sind so auf einem dünnen Draht angeordnet, daß je ein Receptor im Fundus, im Isthmus und in der Cervix sich befindet. Sie liegen direkt der Uteruswand und dem kindlichen Kopf an. Sie registrieren die Höhe des Uterusinnendruckes.

Jedes Ansteigen des intrauterinen Druckes bewirkt eine Änderung des elektrischen Widerstandes des Kohlenpulvers. Dadurch ändert sich der Strom, der zwischen den Druckreceptoren und den Batterien fließt. Diese Stromänderungen werden auf Millimeterpapier in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet. Die Stromabweichungen sind direkt dem entstandenen Uterusinnendruck proportional.

Diese Methode ermöglicht es, sehr kleine Druckschwankungen zu registrieren. Denn der Druck wird trägheitslos aufgenommen und weitergegeben. Es ergeben sich wirklichkeitsgetreue Aufnahmen sowohl der statischen als auch der schnell wechselnden Vorgänge im Uterus.

Die Fehlerquelle soll bei 1,5% liegen. Sie ist also sehr klein.

Als Nachteil erwies sich, daß die Druckempfänger schwer zu handhaben sind. Es ist daher schwierig, die Receptoren der Uteruswand genau anzulegen. Wenn sie nicht die Uteruswand berühren, ist eine genaue Druckregistrierung unmöglich.

Die Druckkurven zeigen keinen geraden (linearen) Verlauf. Sie sind daher schwer auszuwerten.

Die von Karlson angegebene Methode zur Registrierung des Uterusinnendruckes entwickelten Ingelmann-Sundberg und Lindgren weiter.

Auch sie brachten drei Druckreceptoren in Fundus, Isthmus und Cervix.

Ihre Apparatur bestand aus einem Oscillographen, zwei Spannungsmessern und aus einem Demodulator, der über ein "lowpass filter" an einen Elektrocadiographen angeschlossen ist. Der Druck wird ebenfalls als Funktion der Zeit graphisch dargestellt.

Der druckempfindliche Teil des Tokographen besteht aus einem Spannungsmesser, der sich in einer runden Kammer (Durchmesser 18 mm) befindet. Über dem Spannungsmesser liegt ein kleiner Zylinder (Durchmesser 6 mm). Die konkave Fläche des Zylinders liegt waagrecht zur Oberfläche der Kammer. Dies ist von Bedeutung, da sich sonst die Aufzeichnungen verzerren.

Die einzelnen Tokographen sind auf einem 1 cm breiten Band befestigt. Das Ganze befindet sich in einem Gummikatheter.

Vor dem Blasensprung müssen die Druckreceptoren so liegen, daß ihre konkave Fläche den Eihäuten anliegt. Nach dem Blasensprung genügt es, wenn der Tokograph in der Amnionhöhle liegt. Es muß allerdings genügend Fruchtwasser vorhanden sein.

Entsteht im Uterus ein Druck, so wird dieser von dem Zylinder aufgenommen und auf den Spannungsmesser übertragen. Dadurch verändert sich die Spannung, und es fließt ein Strom, der vom Elektrokardiographen aufgezeichnet wird.

Auch mit dieser Methode erreicht man sehr genaue Meßergebnisse. Die Messungen können über eine längere Zeitspanne hin durchgeführt werden.

Die Apparatur weist eine Fehlerquelle von nur 1% auf.

Allerdings ist die Nulllinie sehr instabil. Sie verändert sich während des Versuches. Dadurch ist es schwierig, genaue Werte des Uterusinnendruckes zu erhalten.

Als eine weitere Fehlerquelle werden von den Autoren die Bewegungen des tiefertretenden Kopfes angegeben. So entstehen Stromschwankungen, die in Wirklichkeit nicht durch intrauterine Druckentwicklungen zustande kommen.

Eine weitere Methode der intrauterinen Druckmessung geben Smyth und Nixon an.

Sie befürchten eine Infektion bei einem intrauterin liegenden Katheter. Daher entwickelten sie einen Druckmesser, der von außen - durch die Bauchdecken hindurch - den absoluten intraamniotischen Druck bestimmen soll.

Ein in seiner Größe bekanntes Areal der Bauchdecken wird mit der anliegenden Uteruswand von einer Scheibe flach gedrückt. Auf dieser Scheibe befindet sich ein Druckregistriergerät. Das Ganze wird von einem "Sicherheitsring" einem sogenannten "safe-guard ring" umgeben. Dieser liegt im gleichen Niveau mit der erwähnten Scheibe. Er soll die Bauchdeckenkrümmung ausgleichen. Der vom Uterus erzeugte Druck wird von einem Honey-Brown Gerät registriert.

Während der Wehe wölbt sich die Uteruswand gegen die Scheibe, die die Bauchdecke flachdrückt. Der so entstehende Druck wird von dem auf der Scheibe befindlichen Druckmesser aufgenommen und registriert.

Smyth und Nixon nehmen an, daß der Druck, mit welchem sich der Uterus gegen die Scheibe preßt, gleich dem Uterusinnendruck ist. Sie berücksichtigen dabei die Uteruswandhärte nicht, die bei jeder Kontraktion entsteht.

Durch das Anpressen der Scheibe an die Bauchwand entsteht ein unbekannter

Druck. Dieser dürfte bei jeder neuen Messung anders sein, so daß keine Vergleichsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Messungen bestehen. Außerdem ist es unmöglich, bei dicken Bauchdecken verwertbare Ergebnisse zu erhalten.

DAS VERHALTEN DES BAUCHPRESSENDRUCKES ZUM UTERUSEI- GENDRUCK IN DER AUSTREIBUNGSZEIT

Unter der Geburt entwickeln sich verschiedene Kräfte, die bei der Austreibung des Kindes eine große Rolle spielen. Von ihnen seien hier vor allem die Wirkung des Uterus- und des Bauchpressendruckes diskutiert.

Im ersten Stadium der Geburt (Eröffnungsperiode) ist der durch die Kontraktion der Uterusmuskulatur entstehende Druck von größter Bedeutung für die Erweiterung und Eröffnung der Geburtswege.

Die Eröffnung erfolgt sowohl aktiv als auch passiv.

Die aktive Erweiterung der Geburtswege kommt durch Kontraktion der Uterusmuskulatur über dem Geburtsobjekt zustande. Dabei werden die Muskelfasern der Cervix zur Seite und nach oben gezogen. Dadurch eröffnen sich die Geburtswege.

Bei einer Druckerhöhung weicht die Frucht nach der Seite des geringsten Widerstandes aus. Dabei wird die Cervix passiv gedehnt und so eröffnet. Voraussetzung für diesen Wirkungsmechanismus des intrauterinen Druckes während der Eröffnungsperiode ist der Verschluß der Uterushöhle gegen den Atmosphärendruck. Vor dem Blasensprung wird eine Abdichtung durch die Fruchtblase bedingt. Nach Abgang von Fruchtwasser verschließt der vorangehende Teil der Frucht den Uterus dicht gegen den Außendruck.

Auch ohne Kontraktion herrscht im Uterus ein bestimmter Druck. Er wird als Ruhedruck oder Basaldruck bezeichnet. Seine Größe beträgt etwa 8-20 mm Hg. Dabei ist es gleichgültig, ob der Ruhetonus der Uterusmuskulatur hoch oder niedrig ist.

Der Ruhedruck des Uterus ist bedingt durch die auf ihn lastenden Eingeweide und Bauchdecken (er ist also im Stehen größer als im Liegen), sowie durch die Spannung der Korpusmuskulatur.

Dagegen wird der Ruhetonus der Gebärmutter allein vom Myometrium bestimmt. Beim Tonus handelt es sich um eine Dauerkontraktionsform der Uterusmuskulatur.

Bei vollständig eröffnetem Muttermund tritt zusätzlich zur Uteruskontraktion die Rumpfpresse in Tätigkeit. Sellheim schreibt darüber: "Die willkürlich in Aktion gesetzte Rumpfpresse wirkt auf den Rumpfinhalt in ähnlicher Weise, wie der Uterus auf seinen Inhalt. Die allseitigen Zusammenziehungen der muskulösen Rumpfwände setzen den Bauchinhalt unter stärkeren Druck. Dieser Rumpfpessendruck wird durch den Bauchinhalt aufgenommen und auf die Wände zurückgegeben."

Der Rumpfpessendruck - auch Bauchpressendruck P_B genannt - entsteht durch die Kontraktion der gesamten Rumpfmuskulatur. Er pflanzt sich hydraulisch fort und überträgt sich auf die Organe im Bauchraum, also auch auf den Uterus. (Hydraulisch heißt: Der Druck pflanzt sich nach allen Richtungen gleich schnell und in gleicher Größe fort.) Der bereits im Uterus herrschende Druck - Uteruseigendruck (P_U^0) - wird durch den Rumpfpessendruck (P_B) erhöht. Der dabei im Uterus entstehende Druck - Uterusinnendruck (P_U) - kann in der Austreibungsperiode Werte bis 180 mm Hg erreichen.

Bei diesen Überlegungen taucht die Frage auf, wieviel sich vom Bauchpressendruck auf den Uteruseigendruck überträgt. Mit diesem Problem haben sich bereits verschiedene Geburtshelfer beschäftigt. Zur Zeit werden über das Verhalten des Bauchpressendruckes zum Uterusdruck zwei Theorien vertreten. Es stehen sich dabei gegenüber die Ansicht Sellheims - die Differenz zwischen Uteruseigendruck und Bauchpressendruck addiert sich zum Uterusdruck - und die Additionstheorie - der durch die Rumpfpresse erzeugte Druck addiert sich vollständig zum Druck im Uterus.

Sellheim schreibt in seinem Buch: "Die Geburt des Menschen" über die Wirkung der Bauchpresse bei den Preßwehen: "Der Rumpfpessendruck muß, sofern er als Hilfskraft für die Austreibung des Uterusinhaltes in Betracht kommen soll, größer sein als der vom Uterus selbst erzeugte Druck. Der Uterusdruck kann nur um die Differenz zwischen Rumpfpessendruck und Uteruseigendruck erhöht werden. Die kontrahierte Uteruswand ist nur für einen, den Innendruck übertreffenden Außendruck deformierbar."

Sellheim nimmt also an, daß die Uteruswandmuskulatur je nach der Größe des Bauchpressendruckes - ob er kleiner oder größer als der Uteruseigendruck ist - verschiedene physikalische Eigenschaften besitzt. Solange der Rumpfpessendruck kleiner bleibt als der vom Myometrium erzeugte Druck, kann man der Uterusmuskulatur elastische Eigenschaften zusprechen. Die Uteruswand kann einer auf sie einwirkenden Kraft eine gleichgroße Kraft entgegensetzen, da sie elastisch ist. Wenn von außen (z. B. Bauchpressendruck) ein Druck auf den Uterus ausgeübt wird, kommt es daher nicht

zu einer Volumenverkleinerung der Uterushöhle und dadurch auch nicht zu einem intrauterinen Druckanstieg. Die Uteruswand ist nicht deformierbar !. Der einwirkende Druck bleibt also wirkungslos.

Steigt der Bauchpressendruck aber über den Uteruseigendruck (P_U^0) an, so wird die Uteruswand deformierbar. Das Myometrium ist jetzt nicht mehr imstande, einer Druckeinwirkung von außen (Bauchraum) eine elastische Kraft entgegenzusetzen. Die elastischen Eigenschaften des Uterus sind also gleich Null geworden. Es tritt ein Druckausgleich zwischen Uterus und Bauchraum ein. Der Uterusinnendruck hat daher dieselbe Größe wie der im Bauchraum herrschende Rumpfpessendruck.

Die Theorie Sellheims läßt sich in folgender Formel ausdrücken

$$P_U = P_U^0 + (P_B - P_U^0) = P_B$$

also:

$$P_U = P_B$$

$$P_B = 6 \text{ Kp/Fläche}; \quad P_U^0 = 4 \text{ Kp/Fläche}$$

$$P_U = 4 + (6 - 4) = 6$$

Der Uterusinnendruck (P_U) ist gleich dem Bauchpressendruck (P_B), wenn dieser größer wird als der Uteruseigendruck (P_U^0).

Dieser Annahme steht die Additionstheorie gegenüber.

Nach dieser soll sich der Rumpfpessendruck vollständig zum Uteruseigendruck addieren.

$$P_U = P_U^0 + P_B$$

$$P_U = 4 + 6$$

$$P_U = 10 \text{ Kp/ Fläche}$$

Schatz hat schon 1872 diese Theorie aufgestellt. Er schreibt in seiner Abhandlung "Die Physiologie der Geburt" : "Der Bauchpressendruck addiert sich so zu dem Druck im Uterus, wie wenn man auf eine Wassersäule eine neue von bestimmter Höhe bringt. Facit ist die Summe beider.

Schatz stellt diese Behauptung allerdings nur theoretisch auf. Er bewies sie nicht durch entsprechende Messung des auftretenden abdominellen Druckes.

Woodbury (1938) versuchte sub partu den Druck im Uterus - durch Einführen eines Katheters in den Uterus - und den abdominellen Druck - mit einem Ballon im Magen - gleichzeitig zu bestimmen.

Den Uterusinnendruck registrierte Woodbury im Prinzip nach der von Schatz angegebenen Methode. Ein Gummiballon mit einem Katheter wurde in den Fundus uteri eingeführt und mit einem einfachen Manometer verbunden.

Den von der Rumpfpresse erzeugten Druck versuchte er dadurch zu bestimmen, daß er einen Ballon über einen Duodenalschlauch schob und durch die Nase in den Magen einführte. Der im Magen herrschende Druck wurde optisch registriert. Dazu benutzte er folgendes System. (Abb.1)

Ein Spiegel (S) ist durch eine dünne Silbermembran (M) mit einem Schlauch (K) verbunden. Dieser Schlauch (K) steht in direkter Verbindung mit dem Uteruskatheter. Spiegel (S), Silbermembran (M) und der Schlauch (K) befinden sich in einer Kammer (A). Diese ist mit dem im Magen liegenden Ballon verbunden.

Der Spiegel verändert seine Stellung je nach der Größe des in der Kammer und im Schlauch herrschenden Druckes. Diese Abweichung von der Normalstellung (gleich Nulllinie) ist der Höhe des Druckes im Schlauch und in der Kammer direkt proportional. Vom Spiegel kann daher nur die Differenz zwischen dem im Magen herrschenden Druck - Bauchpressendruck - und dem Uterusinnendruck registriert werden. Woodbury hält diese Differenz für die von der Uteruswandmuskulatur erzeugte Druckkomponente, die den Uteruseigendruck darstellt. Dabei setzt er ohne weiteres voraus, daß sich der Bauchpressendruck vollständig zum Uteruseigendruck addiert.

Alvarez und Caldeyro-Barcia stellten die gleiche Theorie auf.

Sie punktierten die Amnionhöhle und den Bauchraum und wollten so gleichzeitig den während der Preßwehe entstehenden Druck im Uterus und in der Bauchhöhle bestimmen. Sie setzten den durch die Kontraktionen der Rumpfmuskulatur entstehenden Druck (P_B) gleich Null. Der darüber hinaus ansteigende Teil des Uterusinnendruckes (P_U) wurde als der vom Myometrium selbst erzeugte Druck - Uteruseigendruck (P_U^0) - angesehen. (Abb.2).

Smyth bestimmte ebenfalls den intrauterinen und abdominellen Druck gleichzeitig. Er benutzte dazu das von ihm entwickelte äußere Wehenregistriergerät. Als Nulllinie dient auch hier wieder die Höhe des Bauchpressendruckes.

Bei diesen Messungen wurde immer wieder der gleiche Fehler gemacht. Die verschiedenen Geburtshelfer bestimmten nicht getrennt die Werte des abdominellen und des intrauterinen Druckes. Erst dann hätten sie Aussagen über die Größe der auftretenden Kräfte machen können. Ihren Versuchen legten

sie bereits die Auffassung zugrunde, daß nur eine vollständige Addition der Druckwerte in Frage kommen kann. So ist es zu verstehen, daß die Höhe des Rumpfpessendruckes als Nulllinie betrachtet werden kann und der darüber ansteigende Druck den vom Uterus erzeugten Druck (Uteruseigendruck) darstellen soll.

$$P_U^0 = P_B - P_U$$

Man kann für ein biologisches Geschehen keine streng mathematischen Gesetze aufstellen. Man muß dabei vielmehr die physiologischen und physikalischen Eigenschaften des Myometriums berücksichtigen. Diese spielen eine große Rolle bei der Druckübertragung auf den Uterusinhalt.

Physikalisch von Bedeutung sind dabei vor allem die Wandstärke und die elastischen Eigenschaften der Uterusmuskulatur. Die Wandstärke des Myometriums beträgt unter der Geburt etwa 5 mm. Sie ist also sehr klein. Man darf sie aber nicht unberücksichtigt lassen, da das Myometrium relativ hohe Drucke erzeugen kann.

Die elastischen Eigenschaften der Korpusmuskulatur setzen sich vor allem zusammen aus:

- 1.) der Elastizität (Elastizitätsmodul)
- 2.) der Querkontraktionszahl
- 3.) dem Torsionsmodul

Ein Körper ist dann elastisch, wenn er die Fähigkeit besitzt, einer Volumenveränderung (etwa durch eine Kraft von außen) eine Kraft entgegenzusetzen, die der Volumenveränderung entgegenwirkt. Je größer diese Gegenkraft ist, desto elastischer ist der betreffende Körper. (Eisen ist elastischer als Gummi.) Da von anderen Muskeln des Körpers nachgewiesen wurde, daß sie elastisch sind, darf man annehmen, daß auch der Uterus eine gewisse Elastizität besitzt. Diese ist besonders im kontrahierten Zustand groß.

Die Querkontraktionszahl (Poissonsche Zahl) ist direkt dem Elastizitätsmodul (E) proportional. Je größer die Elastizität ist, desto größer ist die Querkontraktionszahl (M).

$$m = \frac{E}{2 \cdot G} - 1$$

(G - Torsionsmodul - Verschiebung der einzelnen Muskelfasern gegeneinander während der Kontraktion.)

Die Querkontraktionszahl bewegt sich für die einzelnen Körper in einer Größenordnung von 0-0,5.

Mit Hilfe dieser physikalischen Größen kann man versuchen, die Wirkungsweise des Rumpfpessendruckes auf das Geburtsobjekt näher zu bestimmen. Dabei wird es auch möglich sein, annähernd exakte Aussagen über die Größe des Bauchpessendruckes, der sich auf den Uterusinhalt überträgt, zu machen. Dazu müssen allerdings die komplizierten Verhältnisse, wie sie unter der Geburt auftreten, in eine vereinfachte und schematisierte Form gebracht werden.

Vom Uterus sollen daher folgende Modellvorstellungen angenommen werden, um überhaupt eine Berechnung zu ermöglichen.

- 1.) Der Uterus stellt unter der Wehe einen kugelförmigen Hohlmuskel dar. Diese Annahme legt auch Reynolds einer Berechnung über die Spannung im Uterus zugrunde.
- 2.) Der kontrahierte Uterus soll sich wie ein elastischer Körper verhalten. d.h., die elastischen Größen der Uteruswand, die sich u. a. im Elastizitätsmodul und in der Querkontraktionszahl ausdrücken, müssen berücksichtigt werden.

Der Elastizitätsmodul ist für die elastische Dehnung eines Körpers von Bedeutung.

Die Querkontraktionszahl ist dem Elastizitätsmodul direkt proportional.

- 3.) Eine dritte Annahme liegt den Berechnungen zugrunde. Der kontrahierte Hohlmuskel soll sich wie ein unter innerem Überdruck stehender elastischer Hohlkörper verhalten.

Diese Voraussetzungen ermöglichen eine genaue Berechnung darüber, wieviel sich von dem durch die Rumpfpresse erzeugten Druck auf den im Uterus schon herrschenden Druck überträgt. Ob sich die Drucke vollständig addieren im Sinne der Additionstheorie oder sich nach der Theorie Sellheims verhalten, kann dann diskutiert werden.

Vergrößert sich der Radius - r - einer Hohlkugel (in diesem Falle der Uterus), d.h., wird der im Innern herrschende Druck größer als die von außen auf die Kugel einwirkende Kraft, dann gilt nach Föppl die Gleichung:

$$(1) \Delta r = \frac{1}{2m \cdot E} \cdot \frac{1}{\frac{1}{a^3} - \frac{1}{b^3}} \cdot \left\{ P_U \left[\frac{2(m-2)}{3b} + \frac{m+1}{3r} \right] - P_B \left[\frac{2(m-2)}{3a} + \frac{m+1}{3r} \right] \right\}$$

Auf den Uterus übertragen bedeutet dieses, daß der Innenradius größer wird. Dadurch nimmt aber die Wandstärke ($d=b-a$) ab.

Vereinfacht läßt sich diese Formel in folgender Form ausdrücken.

$$(2) \quad \Delta a = \alpha P_U - \beta P_B$$

Dabei sind $\alpha + \beta$ Konstanten. Nur die beiden Druckwerte P_U und P_B sind veränderlich.

$$\alpha = \frac{1}{2m \cdot E} \cdot \frac{a}{\frac{1}{a^3} - \frac{1}{b^3}} \cdot \left[\frac{2(m-2)}{b^3} + \frac{m+1}{a^3} \right]$$

$$\beta = \frac{1}{2m \cdot E} \cdot \frac{3(m-1)}{a^2 \left(\frac{1}{a^3} - \frac{1}{b^3} \right)}$$

Zunächst soll der Außendruck (P_B) gleich Null sein. d.h., es besteht nur der vom Uterus selbst erzeugte Druck - Uteruseigendruck (P_U^0). Die Rumpfmuskulatur ist nicht in Tätigkeit, der Bauchpressendruck ist also gleich Null. Da $P_B = 0$ ist, ergibt sich eine Änderung des Innenradius (a).

$$(3) \quad \Delta a = \Delta a_0 = \alpha P_U^0$$

Steigt der Außendruck (P_B - Rumpfpessendruck) langsam an, so verkleinert sich das Volumen der Hohlkugel (Uterus). Der Innenradius (a) nimmt ab. Diese Volumenverringernng des Hohlkörpers hat aber auch ein Ansteigen des Innendruckes (P_U) zur Folge.

Die Volumenveränderung beträgt: $-\Delta \frac{V}{V} = \frac{3}{a} (\Delta a_0 - \Delta a)$.

Daraus ergibt sich folgende Druckzunahme:

$$(4) \quad P_U - P_U^0 = - \frac{1 \cdot \Delta V}{k \cdot V}; \quad k - \text{Kompressibilität}$$

Dabei stellt k die Kompressibilität des im Hohlkörperinnern sich befindlichen Mediums dar. (Luft ist sehr kompressibel im Gegensatz zur Flüssigkeit, deren Kompressibilität fast Null beträgt)

$P_U - P_U^0$ stellt den Betrag des Außendruckes dar, der im Innern der Hohlkugel zur Wirkung kommt.

Mit den Gleichungen 2, 3 und 4 erhält man:

$$P_U - P_U^0 = \frac{3}{a \cdot k} \cdot [P_B - \alpha (P_U - P_U^0)]$$

$$P_U = P_U^O + \frac{\beta}{a \cdot \frac{k}{3} + \alpha}$$

Wenn der Inhalt der Hohlkugel ein inkompressibles Medium ist, wie es vom Uterusinhalt angenommen werden kann, spielt der Faktor - k - (Kompressibilität) keine Rolle mehr bei der Druckübertragung.

$$P_U = P_U^O + \beta/\alpha \cdot P_B$$

Dabei ist der Faktor β/α kleiner als 1.

Diese Aussage - übertragen auf die sub partu herrschenden Verhältnisse - bedeutet, daß sich die Drucke P_U^O und P_B (Uteruseigendruck und Rumpfpresseudruck) addieren. Dabei kommt es allerdings nicht zu einer vollständigen Addition der auftretenden Druckwerte, wie es von den Vertretern der Additionstheorie (Schatz, Alvarez, Caldeyro-Barcia, Woodbury, Kaletsch, Smyth, u.a.) angenommen wird. Es kommt vielmehr nur ein Teil des Bauchpressendruckes auf den Uterusinhalt zur Wirkung. Dieser Druckverlust läßt sich nur dann erklären, wenn man die physikalischen Verhältnisse der Uterusmuskulatur berücksichtigt. Diese Eigenschaften sind vor allem die Wandstärke und die Elastizität des Myometriums. Sie sind in dem Faktor β/α enthalten. Dieser Faktor ist bei den vorliegenden physiologischen Verhältnissen immer kleiner als 1. Multipliziert man den Bauchpressendruck mit dieser Zahl, so erhält man den Betrag der sich zum Uteruseigendruck addiert. Es ergibt sich daher ein geringeres Resultat des intrauterin wirksam werdenden Bauchpressendruckes als die Additionstheorie annimmt.

Die Additionstheorie kann nur vertreten werden, wenn die Uteruswand eine sehr dünne und biegunsschlaffe Membran darstellen würde. Diese Annahme berücksichtigt aber in keiner Weise die physikalischen Eigenschaften des Myometriums. Daher ergibt sich für die Additionstheorie die Gleichung:

$$P_U = P_U^O + P_B$$

Der elastische Faktor β/α wird nicht berücksichtigt.

Man kann dagegen einwenden, daß die Uteruswand eine meßbare Wandstärke (5 mm) besitzt. Außerdem ist sie imstande, bei der Kontraktion hohe intrauterine Drucke selbst zu erzeugen.

Beim nicht kontrahierten Uterus überträgt sich ein Druck vom Bauchraum fast vollständig auf den Uterusinhalt. In diesem besonderen Falle entspricht das Myometrium wohl am meisten den Vorstellungen der Additionstheorie über die Uterusmuskulatur. Bei der Kontraktion steigt die Härte des Muskels (die

physikalischen Eigenschaften) an. Daher geht bei der Kontraktion weniger Druck auf den Uterusinhalt über. Diese Überlegungen zeigen, daß die Additionstheorie nur ein Grenzfall der wirklich vorhandenen Verhältnisse sein kann. (Abb.4)

Einige Modellversuche sollen die theoretischen Überlegungen zur Druckübertragung vom Bauchraum auf den Uterus bestätigen. Dabei wird gezeigt, daß die physikalischen Eigenschaften des Myometriums (Wanddicke und Elastizitätsgröße der Uteruswandmuskulatur) je nach ihrer Größe eine bedeutende Rolle dabei spielen.

Die Versuchsanordnung zeigt physikalisch ungefähr dieselben Verhältnisse, wie sie auch bei der Kreissenden vorliegen. (Abb.5)

Den Bauchraum soll ein mit Wasser gefüllter Erlenmeyerkolben (A) darstellen. Dieser Kolben wird von einem zweifach durchbohrten Gummipfropfen (B) verschlossen. In den beiden Bohrungen stecken zwei Steigrohre (C und D). Am unteren Ende des Steigrohres C ist ein Fingerling befestigt. Er soll den modellmäßigen Uterus darstellen. Zur Druckerzeugung und gleichzeitigen Druckmessung dienen Blutdruckapparate, die mit den Steigrohren - C und D - verbunden sind.

Die Versuche wurden in folgender Weise durchgeführt:

Der Fingerling am Steigrohr C (Modelluterus) wird bis zu einer bestimmten Markierung am Rohr mit Wasser gefüllt. Das Ganze befindet sich in dem mit Wasser gefüllten Kolbenraum (A) - Bauchraum. Wird über das Steigrohr D der Druck im Kolben erhöht, so steigt das Wasser im Rohr C über die Markierungslinie. Das zeigt an, daß sich das Volumen des Fingerlings verkleinert hat. Um den wahren im Fingerling (Uterus) herrschenden Druck feststellen zu können, muß das Volumen konstant gehalten werden. Daher wird durch einen Druck von außen das Wasser bis zur Markierungslinie zurückgedrückt. Der Druck, der dazu notwendig ist, entspricht dem wahren vom wassergefüllten Kolbenraum (A) - Bauchraum - auf den Fingerling - Uterus - übergegangenen Druck. Er läßt sich am Manometer ablesen.

Im ersten Versuch wurde ein Fingerling mit einer sehr dünnen und biegsam-schlaffen Wand als Modelluterus benutzt. Es lagen also die gleichen Verhältnisse vor, wie sie von den Vertretern der Additionstheorie angenommen werden.

Die Resultate zeigten eine vollkommene Addition. Der Druck vom Kolbenraum (A) übertrug sich vollständig auf den Fingerling. (Abb.6)

Der nächste Versuch sollte zeigen, daß die Wandstärke des Modelluterus bei der Druckübertragung eine nicht zu übersehende Rolle spielt.

Dazu wurden an Stelle des einen Fingerlings drei Fingerlinge benutzt. (Die Wandstärke des Modelluterus hat zugenommen).

Als Ergebnis zeigt sich deutlich - im Vergleich zum ersten Versuch - eine verminderte Druckübertragung vom Kolbeninhalt (A) - Bauchraum - auf den Fingerling - Uterus (Abb.6).

Im letzten Versuch hatte der Polyäthylenschlauch, der als Modelluterus diente, nicht nur eine etwas dickere Wand als die Fingerlinge, sondern er hatte auch eine größere Elastizität als diese.

Auch dieser Versuch ergab die schon gezeigte Abhängigkeit bei einer Druckübertragung von außen - Bauchraum - nach innen - Uterus - von der Wandstärke und auch von der Elastizität des betreffenden Wandmaterials. (Abb.6)

C. KLINISCHE MESSUNGEN

Die physikalischen Überlegungen und Berechnungen sowie die Ergebnisse der Modellversuche sollen sub partu durchgeführte Messungen bestätigen.

Durch Bestimmung der gleichzeitig während einer Preßwehe auftretenden intrauterinen und abdominellen Druckwerte kann man Aussagen über das Verhalten des Bauchpressendruckes zum Uterusdruck machen. Diese Druckregistrierungen wurden in der Harnblase und im Uterus durchgeführt. Dazu kam ein einfaches Verfahren zur Messung des Druckes in mit Flüssigkeit gefüllten Hohlräumen zur Anwendung (Abb.7).

Die Druckmessungen begannen nach dem Blasensprung.

Ein Polyäthylenkatheter (mit einem Durchmesser von 4 mm) lag im Uterus über dem Rücken der Frucht. An seinem in den Uterus eingeführten Ende ist er über eine Länge von 5 cm durchlöchert (Abb.8).

Der Katheter war mit einem Glasventil verbunden, um zu verhindern, daß Fruchtwasser in das übrige Meßsystem gelangt. (Sonst ist eine Druckregistrierung mit Mareyschen Kapseln nicht möglich.) Das Glasventil entspricht in seiner Wirkung einem Drucktransformator.

Das gesamte System hat den Vorteil, daß zur Messung schon geringe Flüssigkeitsmengen genügen. Außerdem ist es möglich, bei einem zu großen Druckanstieg, die Wand der Fingerlinge zu verstärken. So kann ein Druckverlust verhindert werden. Dieser könnte dann eintreten, wenn die Fingerlinge den ganzen Hohlraum (A) ausfüllen.

Von dem Glasventil überträgt sich der Druck über dünne Polyäthylenschläuche (Durchmesser 2 mm), die mit Luft gefüllt sind, auf eine Mareysche Kapsel und von dort auf ein Kymographion (Abb.7).

Bei den Messungen füllt sich der Katheter und das Glasventil bis zu den Fingerlingen mit Fruchtwasser (bzw. mit Urin). Bei der Druckregistrierung muß genügend Flüssigkeit an der Meßstelle vorhanden sein. Eventuell füllt man physiologische Kochsalzlösung nach.

Bei der Kontraktion erhöht sich der Druck im Uterus. Dieser intrauterin entstandene Druck pflanzt sich auf das mit Flüssigkeit gefüllte System fort. Dadurch vergrößert sich das Volumen der Fingerlinge, und es kommt zu einem Druckanstieg in dem luftgefüllten Teil des Registriersystems. Durch die Ausdehnung der Fingerlinge verkleinert sich das Volumen des pneumatischen Systems. Jede Volumenverkleinerung hat eine Erhöhung des Druckes zur Folge. Dieser Druckanstieg wird von einer Mareyschen Kapsel auf ein Kymographion übertragen. So erhält man Kurven des intrauterinen Druckes.

Die gleiche Versuchsanordnung lag zur Bestimmung des intraabdominellen Druckes vor.

Die Messung des im Bauchraum entstehenden Druckes geschieht am besten durch Registrierung des intravesicalen Druckes. Der in der Blase gemessene Druck ist dem im Bauchraum herrschenden Druck dann proportional, wenn in der Harnblase sich eine Flüssigkeitsmenge von 50 ccm befindet (Alvarez, Caldey-Barcia). Dies konnte durch Messungen bei Laparoskopien bewiesen werden (Abb.9).

Vor Beginn der Versuche wurde das gesamte System durch Vergleich mit einem Quecksilbermanometer geeicht (Abb.10).

Die Messungen zeigten bei 9 Kreissenden gut reproduzierbare Ergebnisse. Um eine Aussage darüber machen zu können, wieviel sich vom Druck im Bauchraum auf den Uterus überträgt, wurde der intrauterine und intraabdominelle Druck in der Wehenpause bei Tätigkeit der Rumpfpresse bestimmt. Dabei zeigte sich, daß der in der Blase gemessene Bauchpressendruck größer war als der gleichzeitig im Uterus herrschende Druck (Abb.11).

Aus dieser Tatsache läßt sich die Annahme bestätigen, daß die elastischen Eigenschaften der Wandmuskulatur (Uterus und Vesica) bei einer Druckübertragung von Bedeutung sind. Da die vesicale Wandmuskulatur eine geringere Wandstärke und daher auch eine kleinere Elastizität als das Myometrium besitzt, wird der abdominelle Druck fast vollständig auf den Blaseninhalt übertragen. Dies konnten Vergleichsmessungen bestätigen.

Kasuistik

1.) A.B. 20 J I - para

Muttermund bei Beginn der Messung: 7 cm

Bauchdecken: straff

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: ruhig

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 50 mm Hg

Austreibungszeit

Bauchpressendruck: 130 mm Hg

Uterusdruck: 80 mm Hg

Erhöhung des Uterusinnendruckes bei Tätigkeit der Bauchpresse im Vergleich zum Uteruseigendruck während des Eröffnungsstadiums: etwa 60 %

Der Uterusinnendruck ist kleiner als der Rumpfpessendruck (Siehe Kurve 1).

2.) S.T. 22J I - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 8 cm

Bauchdecken: straff

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: ruhig

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 95 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 160 mm Hg

Uterusinnendruck: 150 mm Hg

Die Messungen begannen erst bei fast vollständig eröffnetem Muttermund. Der hohe Uteruseigendruck läßt sich dadurch erklären. Die Größe des von der Korpusmuskulatur erzeugten Druckes steigt mit zunehmender Muttermunderöffnung an.

Auch in diesem Fall erhöht sich der Uterusinnendruck um etwa 60 % im Vergleich zum Uteruseigendruck während des Eröffnungsstadiums.

Der Uterusinnendruck ist kleiner als der Bauchpressendruck. (S. Kurve 2).

3.) G.A. 21 J I - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 4 cm

Bauchdecken: dünn

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: unruhig

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 80 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 155 mm Hg

Uterusinnendruck: 125 mm Hg

Trotz der dünnen Bauchdecken wurde ein verhältnismäßig hoher Druck erzeugt.

Der Uterusinnendruck blieb kleiner als der Bauchpressendruck (Siehe Kurve 3).

4.) I. T. 20 J I - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 4 cm

Bauchdecken: straff

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: schläft

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 60 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 135 mm Hg

Uterusinnendruck: 90 mm Hg

Die Höhe des auftretenden Uterusdruckes ist im Vergleich zum Bauchpressendruck gering.

Der Uterusinnendruck ist kleiner als der Rumpfpessendruck (Siehe Kurve 4).

5.) M. E. 26 J I - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 3 cm

Bauchdecken: etwas schlaff

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: unruhig

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 95 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 155 mm Hg

Uterusinnendruck: 125 mm Hg

Der Uterusinnendruck ist kleiner als der Bauchpressendruck (Siehe Kurve 5).

6.) A. M. 23 J II - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 2 cm

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: ruhig

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 40 mm Hg

Austreibungsstadium

Bauchpressendruck: 80 mm Hg

Uterusinnendruck: 50 mm Hg

Die Höhe des auftretenden Uterusdruckes ist im vorliegenden Falle gering. Daher läßt sich auch vielleicht die lange Dauer der Geburt (16 Stunden) erklären. Auch als die Rumpfpresse bei vollständig eröffnetem Muttermund in Tätigkeit trat, erhöhte sich der Uterusinnendruck nur auf

50 mm Hg. Der intravesicale (abdominelle) Druck blieb ebenfalls gering. Er erreichte nur einen Wert von 90 mm Hg.

Der Uterusinnendruck war kleiner als der Bauchpressendruck (Siehe Kurve 6).

7.) I. R. 20 J II - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 4 cm

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: unruhig

Bauchdecken: straff

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 60 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 110 mm Hg

Uterusinnendruck: 70 mm Hg

Die Wehen kamen nur sehr unregelmäßig. Der intraabdominelle Druck war relativ hoch. Der Druckanstieg im Uterus durch die Rumpfpresse blieb aber gering. Der Uterusinnendruck war kleiner als der Bauchpressendruck (Siehe Kurve 7).

In den folgenden zwei Fällen konnte in der Austreibungszeit ein Uterusinnendruck registriert werden, der größer war als der gleichzeitig gemessene intraabdominelle Druck.

8.) M. H. 22 J I - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 3 cm

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: schläft

Bauchdecken: schlaff

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: 50 mm Hg

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 90 mm Hg

Uterusinnendruck: 140 mm Hg

Die Ergebnisse dieser Messung scheinen die Additionstheorie zu bestätigen. Der Uterusinnendruck in der Austreibungsperiode ist die Summe des Uteruseigendruckes (gemessen im Eröffnungsstadium) und des in der Blase registrierten abdominalen Druckes. Man muß aber beachten, daß die Gebärende bei der Austreibung des Kindes kaum mitgepreßt hat. Daher ist der Uterusinnendruck größer als der Bauchpressendruck. (Siehe Kurve 8).

9.) R. S. 22 J II - para

Muttermund bei Beginn der Messungen: 9 cm

Verhalten der Kreissenden unter der Geburt: ruhig

Bauchdecken: schlaff

Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium: -

Austreibungsperiode

Bauchpressendruck: 75 mm Hg

Uterusinnendruck: 120 mm Hg

Die Messungen begannen erst bei fast vollständig eröffnetem Muttermund. Daher können keine Werte für den Uteruseigendruck im Eröffnungsstadium angegeben werden. Da die Bauchdecken sehr dünn und schlaff waren, läßt sich der niedere abdominelle Druck erklären. Außerdem hat die Kreissende kaum mitgepreßt.

Der Uterusinnendruck ist größer als der Bauchpressendruck. (Siehe Kurve 9).

	Eröffnungsstadium	Austreibungsstadium	
	P_U^O	P_U	P_B
1.	50 mm Hg	80 mm Hg	130 mm Hg
2.	95 mm Hg	150 mm Hg	160 mm Hg
3.	80 mm Hg	125 mm Hg	155 mm Hg
4.	60 mm Hg	90 mm Hg	135 mm Hg
5.	95 mm Hg	125 mm Hg	155 mm Hg
6.	40 mm Hg	50 mm Hg	80 mm Hg
7.	60 mm Hg	70 mm Hg	110 mm Hg
8.	50 mm Hg	140 mm Hg	90 mm Hg
9.	- -	120 mm Hg	75 mm Hg

Die Druckwerte des Eröffnungsstadiums (P_U^O) geben ein annähernd genaues Bild über die Leistungsfähigkeit des Myometriums. Man hat damit auch Vergleichsmöglichkeiten um wieviel sich der Uterusdruck bei Tätigkeit der Bauchpresse erhöht.

Der Uterusinnendruck erhöht sich im allgemeinen bei Kontraktion der Rumpfmuskulatur um etwa 60 % im Vergleich zum Druck im Eröffnungsstadium. Diese Versuchsergebnisse bestätigen in keiner Weise die Additionstheorie. Der Uterusinnendruck im zweiten Stadium der Geburt muß nach dieser Theorie

immer wesentlich größer sein als der gleichzeitig auftretende Rumpfpres-
sendruck.

Die gefundenen Resultate zeigen die Richtigkeit der durch physikalische Be-
rechnungen gefundenen Theorie. In den zwei Fällen, in denen der uterine
Druck größer war als der abdominelle, trat die Rumpfpresse nur wenig in Tä-
tigkeit.

Bei jeder Kontraktion der Rumpfmuskulatur addiert sich ein Teil des Bauch-
pressendruckes zum Uteruseigendruck nach der Formel:

$$P_U = P_U^0 + \beta/\alpha P_B$$

Es konnte festgestellt werden, daß die Wehenkraft des Uterus im Eröffnungs-
stadium und die Druckentwicklung durch die Kontraktionen der Rumpfmusku-
latur in der Austreibungsperiode vom Allgemeinzustand der Kreissenden ab-
hängig ist, soweit Beobachtungen bei 9 Messungen eine Aussage darüber zu-
lassen.

Der ganze Geburtsvorgang läuft nicht nur nach den Gesichtspunkten der Me-
chanik ab, sondern unterliegt vor allem biologischen Gesetzen. Daher ist es
verständlich, daß man nicht eine Theorie über das Verhalten der Kräfte sub
partu aufstellen kann, ohne die physiologischen Verhältnisse zu berücksichti-
gen (Additionstheorie).

Es ist auch unmöglich, nach den Versuchsergebnissen Aussagen darüber ma-
chen zu wollen, wie groß der Anteil des Bauchpressendruckes ist, der sich
auf den Uterusinhalt überträgt. Es zeigt sich vielmehr, daß der Zuwachs des
Uterusdruckes durch den abdominellen Druck individuell verschieden ist.
Diese Feststellung läßt sich dann erklären, wenn man die physiologischen
Verhältnisse unter der Geburt und die Elastizitätsgröße des Myometriums be-
rücksichtigt, die bei jeder Kreissenden verschieden sind.

Außerdem ist die Eröffnung der Geburtswege und die Austreibung der Frucht
nicht einfach durch das Zusammenwirken zweier Kräfte (abdominelle und
intrauterine Kraftentwicklung) zu erklären. Der Uteruseigendruck und der
Rumpfpresseudruck sind vielmehr nur zwei Hilfskräfte im ganzen Geburtsge-
schehen. Ihre Wirkungsweise muß aber bekannt sein, um die komplizierten
physiologischen Verhältnisse verstehen zu können.

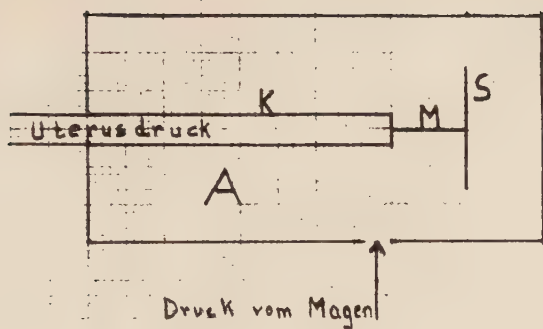


Abb. 1

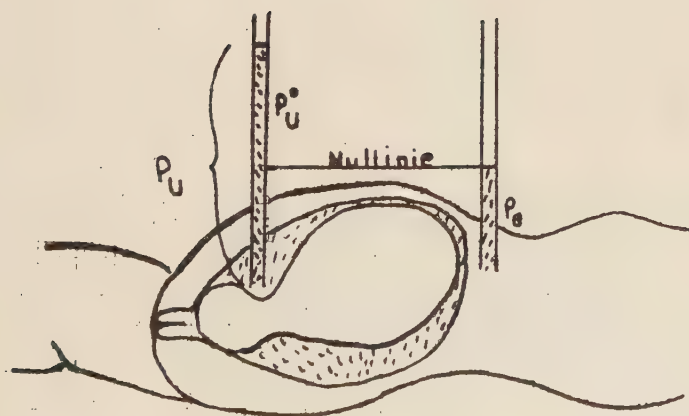


Abb. 2: Zeigt das von Alvarez benutzte System zur Bestimmung des intrauterinen und abdominalen Druckes.

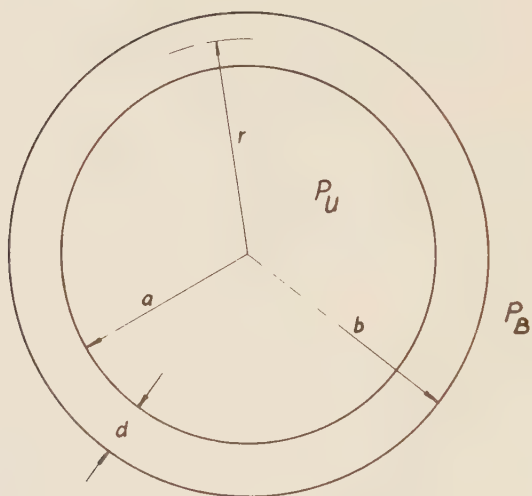


Abb. 3: Darstellung eines schematischen Uterusmodells,
 a - Innenradius, b - Außenradius,
 r - mittlerer Radius des Hohlkörpers (ist abhängig von der Wandstärke d , die sich mit dem jeweiligen Innen- und Außenradius ändert.)
 P_U - Innendruck, P_B - Außendruck

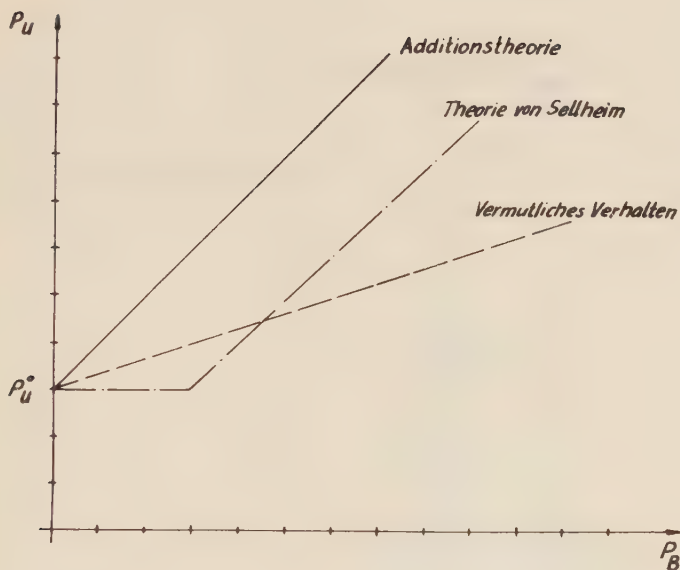


Abb. 4: Graphische Darstellung der Theorien über die Wirkung des Bauchpressendruckes auf den Uterushalt.

- a.) Additionstheorie: $P_U = P_U^0 + P_B$
- b.) Wahrscheinliches Verhalten der beiden Drucke.
(Ergebnis der physikalischen Berechnungen.)
 $P_U = P_U^0 + \frac{1}{2} P_B$
- c.) Ansicht Sellheims: $P_U = P_U^0 + (P_B - P_U^0)$

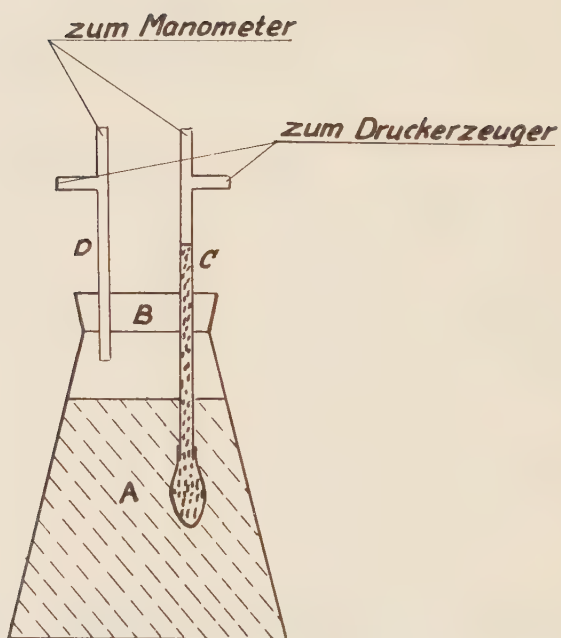


Abb. 5

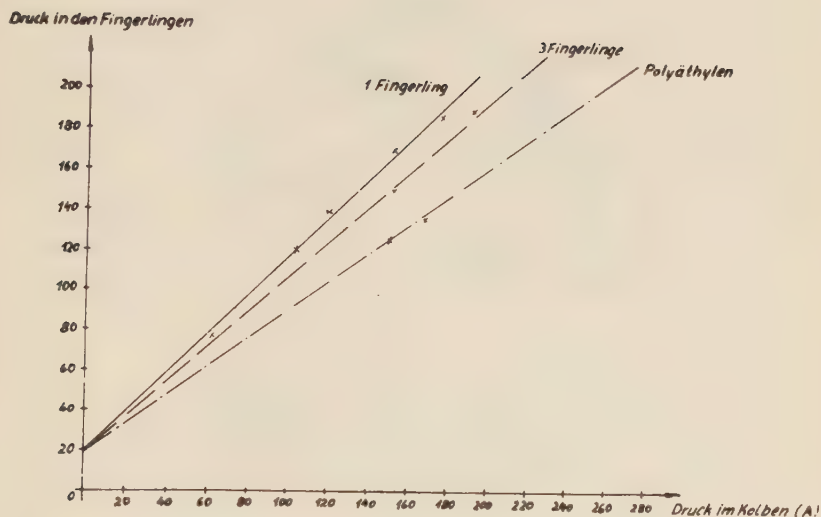


Abb. 6: ist die graphische Darstellung der gefundenen Ergebnisse. Aus ihr ist deutlich abzulesen, daß der vom Kolbenraum A (Bauchraum) auf die Fingerlinge (Uterus) übertragene Druck mit steigender Wandstärke und Vergrößerung der Wandelastizität abnimmt.

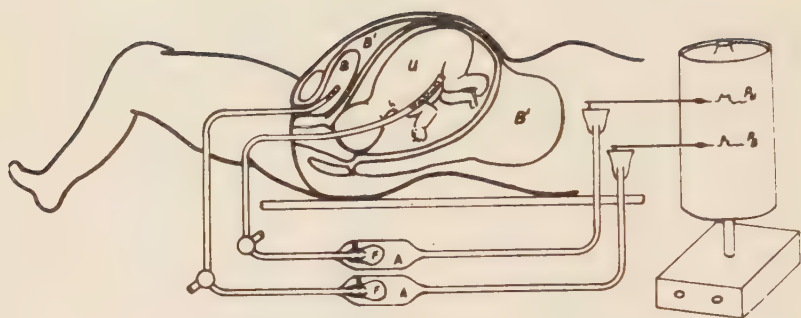


Abb. 7: Darstellung des Meßsystems, mit dem der intrauterine und abdominalen Druck bestimmt wurde.

Ein in den Uterus eingeführter Polyäthylenkatheter ist mit einem Glasventil verbunden. Dieses Ventil besteht aus einem Glasrohr (R), über das Fingerlinge geschoben sind. Sowohl das Glasrohr als auch die Fingerlinge (F) befinden sich in einem Hohlraum (A). Dieser Hohlraum ist über dünne Schläuche mit einer Marey'schen Kapsel verbunden. Den Druck zeichnet ein Kymographion auf.

Das gleiche Meßsystem bestimmt in der Blase (B) den im Bauchraum (B') entstandenen abdominalen Druck.

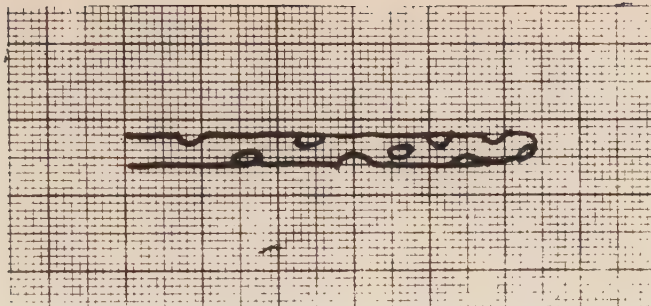


Abb. 8: Uteruskatheter

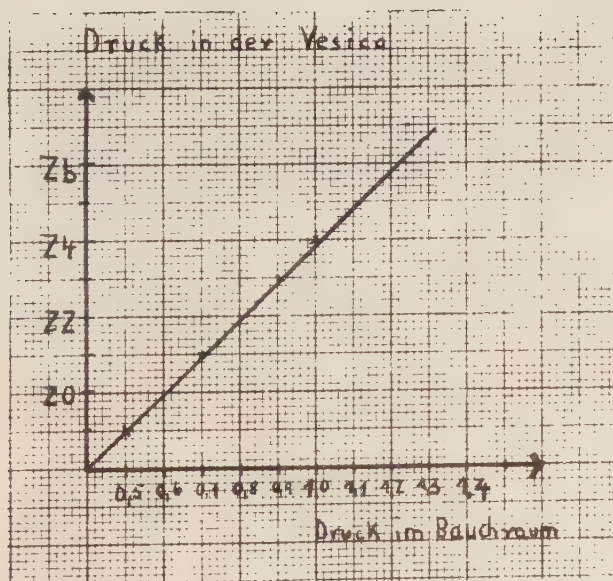


Abb. 9: zeigt in einer graphischen Darstellung das Verhältnis des intraabdominellen Druckes zum intravesicalen Druck.

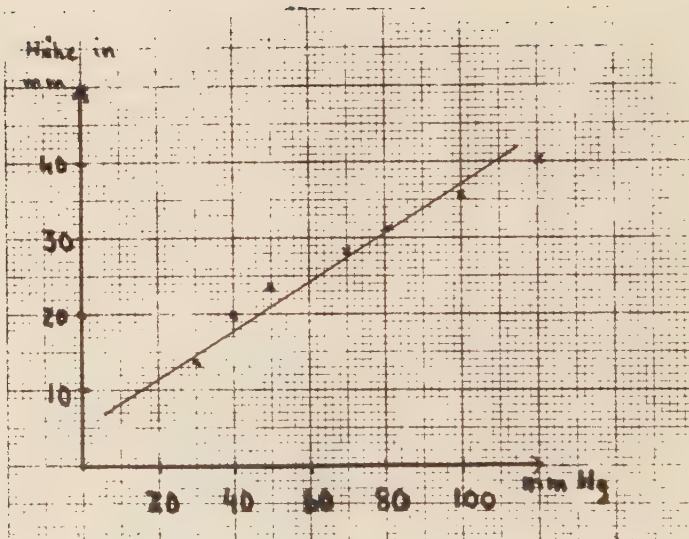


Abb. 10: Eichkurve

Graphische Darstellung der Amplitudenhöhe in Abhängigkeit vom Druck in mm Hg.

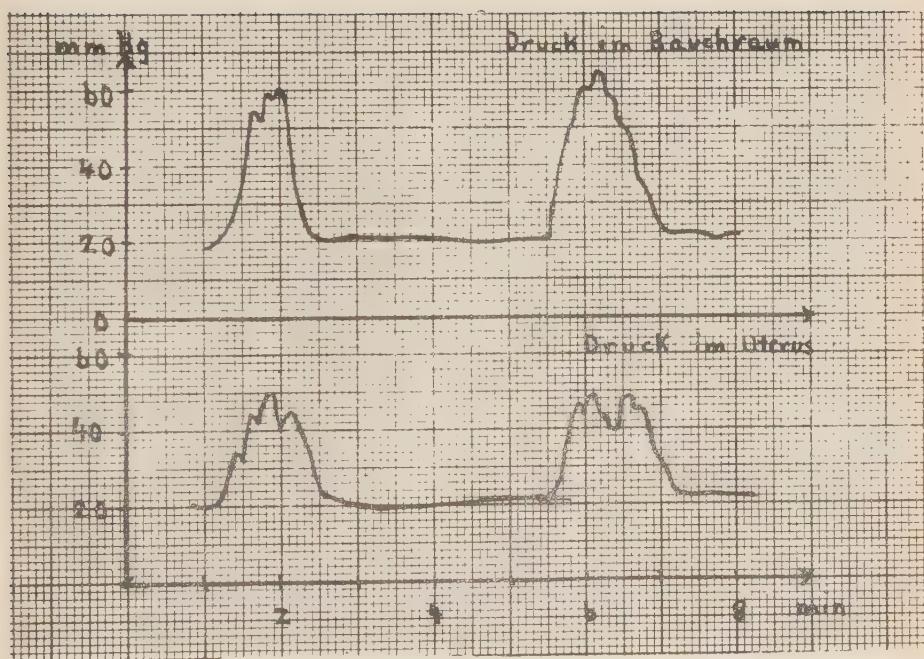
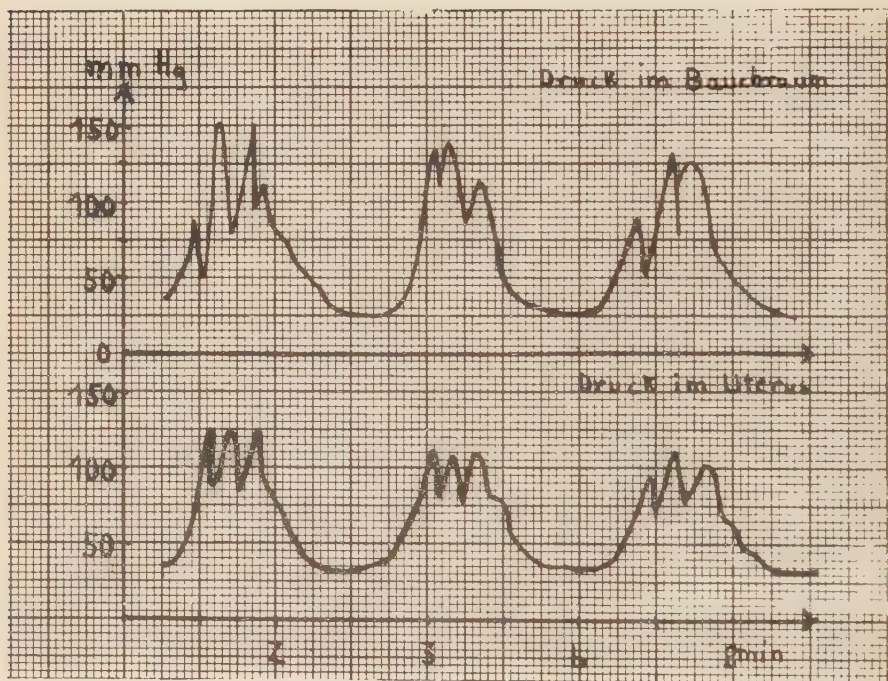
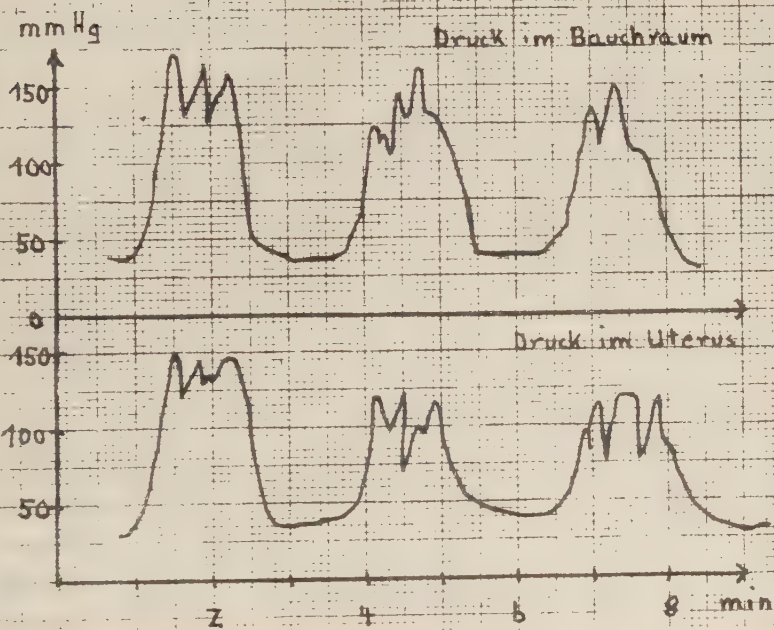


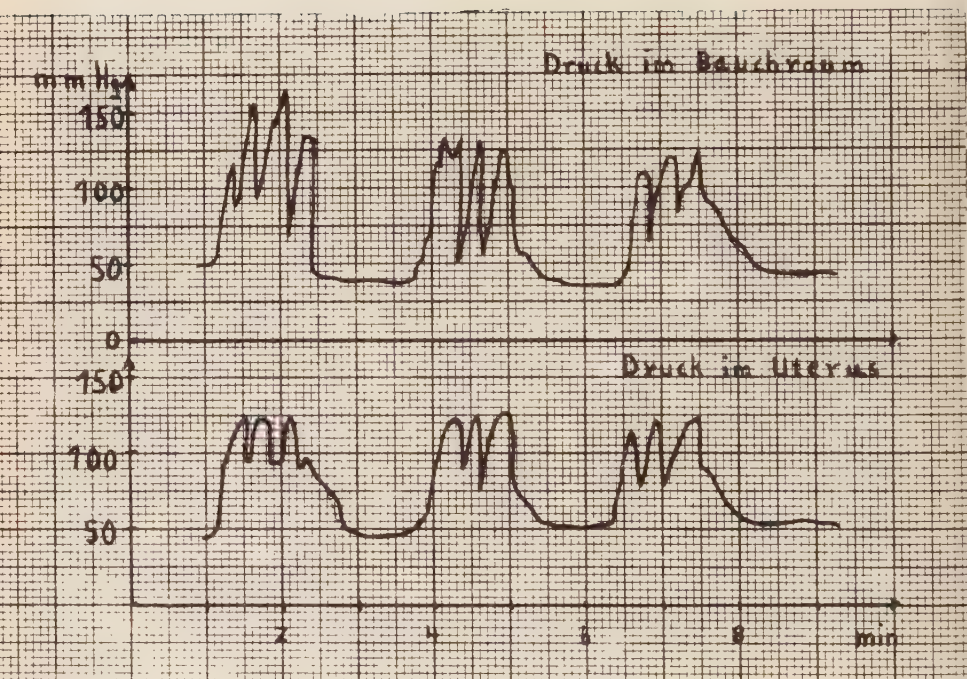
Abb. 11



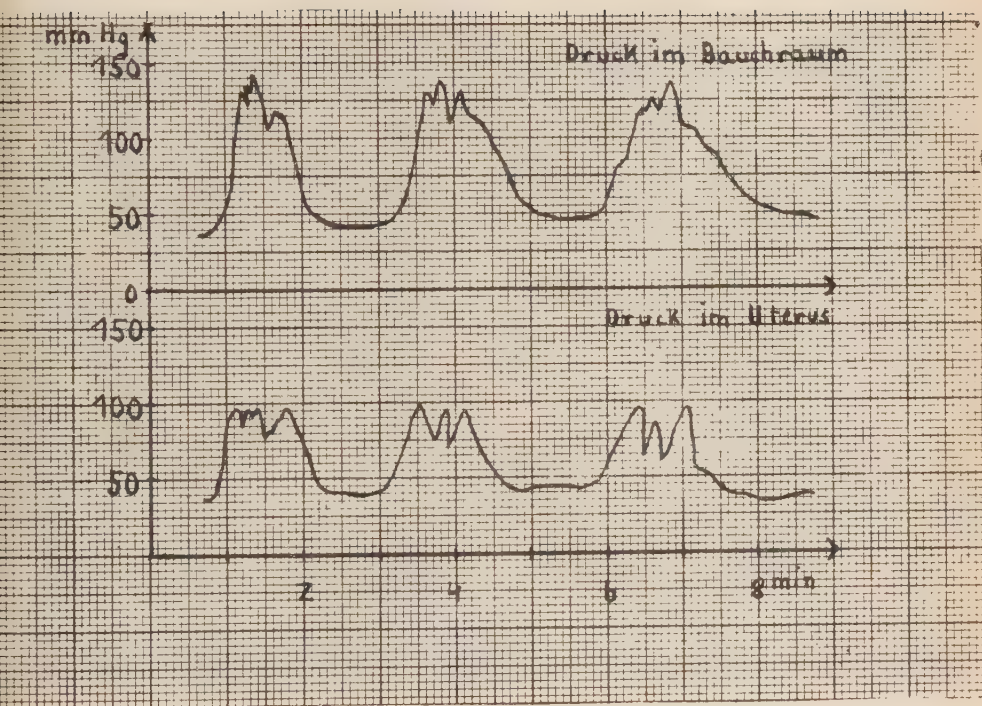
Kurve 1 Uterusdruck und Rumpfpessendruck während der Austreibungsperiode.



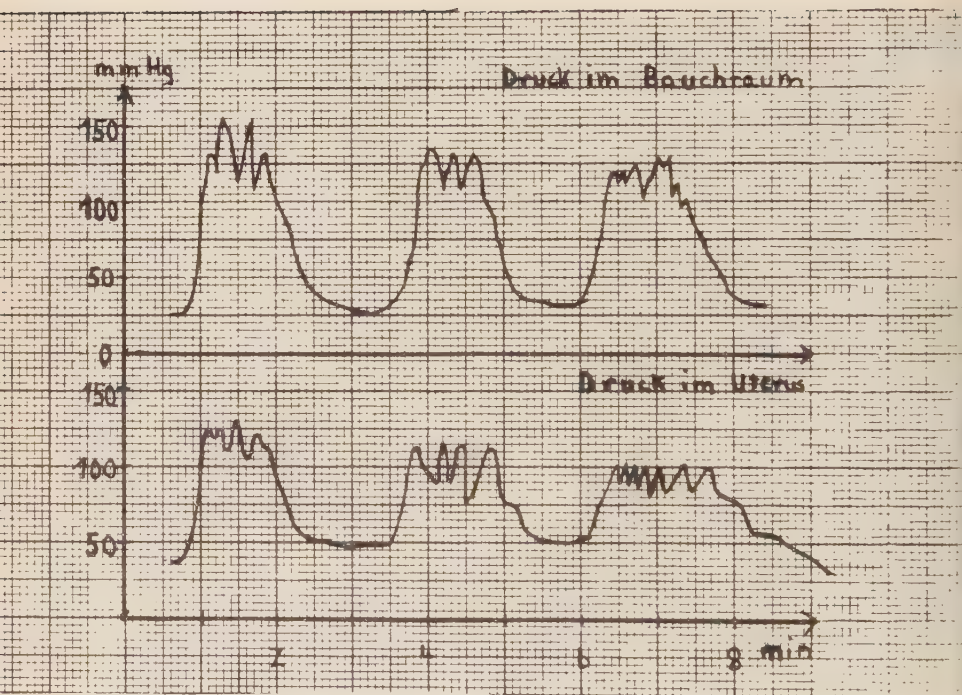
Kurve 2 Uterusdruck und Rumpfpessendruck während der Austreibungsperiode.



Kurve 3 Uterusdruck und Rumpfpessendruck während der Austreibungsperiode.



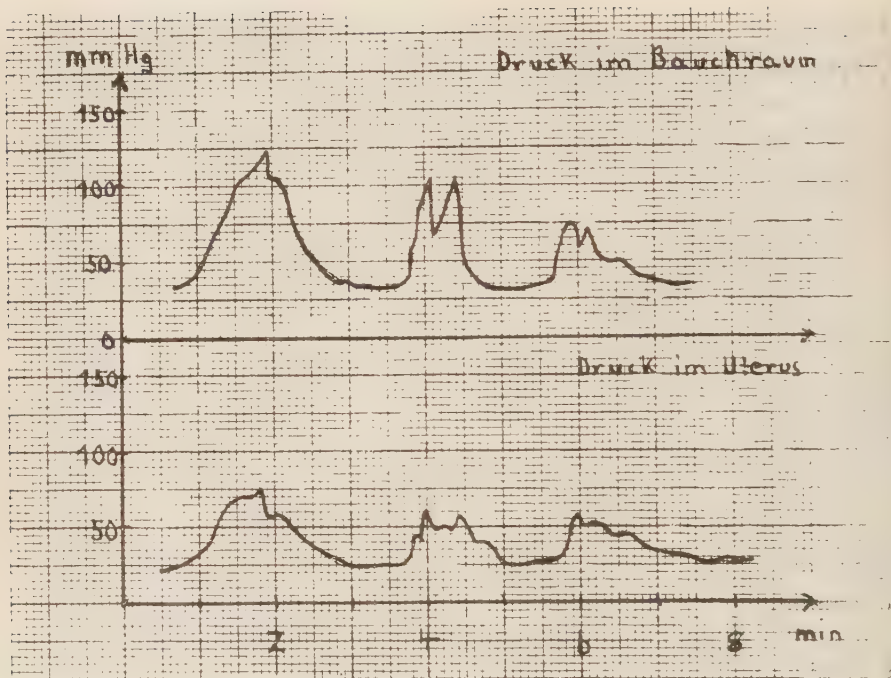
Kurve 4 Uterusdruck und Bauchpressendruck während der Austreibungszeit.



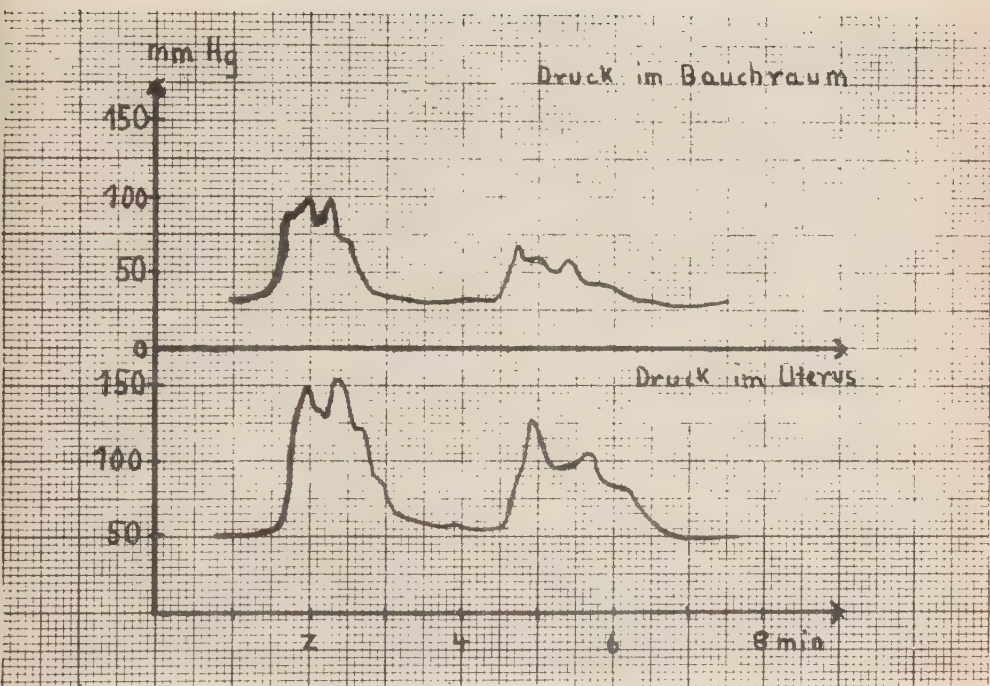
Kurve 5 Uterusdruck und Bauchpressendruck während der Austreibungsperiode.



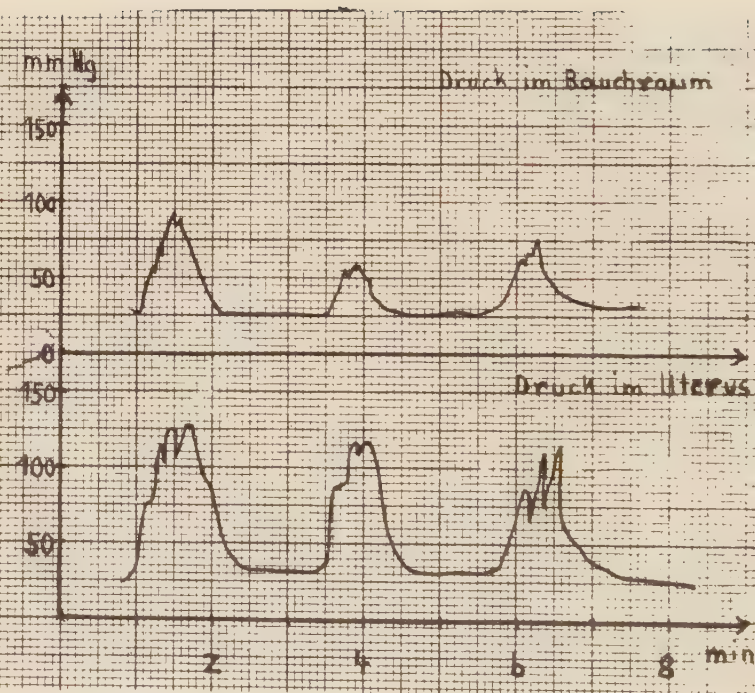
Kurve 6 Uterusdruck und Bauchpressendruck während der Austreibungsperiode.



Kurve 7 Uterusdruck und Bauchpressendruck während der Austreibungsperiode.



Kurve 8 Uterusdruck und Bauchpressendruck während der Austreibungsperiode.



Kurve 9 Der Uterusdruck und der Bauchpressendruck während der Austreibung.

D. ZUSAMMENFASSUNG

Seit über 80 Jahren befassen sich Geburtshelfer mit der Bestimmung des Uterusinnendruckes.

An Hand der einzelnen Methoden wird die Entwicklung der intrauterinen Druckregistrierung bis zum heutigen Tag aufgezeigt.

Der Uteruseigendruck und der Rumpfpessendruck sind geburtsmechanisch von großer Bedeutung.

Über das Verhalten dieser beiden Kräfte gibt es zwei Theorien:

- a.) Sellheims Theorie: Der Uterusdruck addiert sich um die Differenz zwischen Uteruseigendruck und Rumpfpessendruck.
- b.) Additionstheorie: Der Bauchpessendruck addiert sich vollständig zum Uteruseigendruck.

Physikalische Überlegungen und Berechnungen zeigen, daß man bei einer Druckübertragung vom Bauchraum auf den Uterusinhalt die elastischen Eigenschaften des Myometriums berücksichtigen muß. Es kann daher von einer vollständigen Addition der beiden Druckwerte keine Rede sein. Modellversuche bestätigen diese Annahme.

Erst klinische Messungen, die sub partu durchgeführt wurden, konnten eine genaue Aussage über das Verhalten des Rumpfpessendruckes zum Uterusdruck ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen - durchgeführt bei 9 Kreissenden - zeigen eindeutig eine Abhängigkeit bei der Druckübertragung von den Elastizitätsgrößen (Wanddicke und Elastizität) der Uterusmuskulatur.

Der Anteil des Rumpfpessendruckes der auf den Uterusinhalt zur Wirkung kommt, ist bei jeder Kreissenden verschieden groß.

Der Uterusdruck erhöht sich unter der Wirkung der Rumpfpresse etwa um 60 Prozent.

LITERATUR

- Alvarez, H. Surg. Gynec. and Obstr. 91, (1950), 1
Caldeyro - Barcia, R.
- Alvarez, H. Surg. Gynec. and Obstr. 91, (1950), 641
Caldeyro - Barcia, R.
Reynolds, S. R. M.
- Alvarez, H. Proceedings of the first World Congress on Fertility
Caldeyro - Barcia, R. and Sterility. May (1953) 25
- Alvarez, H. Gynaec. 138, (1954), 190
Caldeyro - Barcia, H.
- Alvarez, H. Am. Journ. Obstr. and Gynec. 73, (1957) 1238
Caldeyro - Barcia, R.
Pose, S. V.
- Bickers, W. Am. Journ. Obstr. and Gynec. 43, (1942), 815
- Bigler, W. Ztschr. f. Geburtsh. 80, (1918), 85
- Bösch, K., Ikle, F. A. Schweiz. med. Wschr. 84, (1954), 850
Käser, O.
- Bourne, A. W. Journ. Obstr. and Gynec. of the Brit.
- Burn, J. H. Empire 34, (1927), 249
- Brammer, Ztschr. f. Geburtsh. 101, (1932), 785
- Crodel, W. Ztschr. f. Geburtsh. 97, (1930), 138
- Dönhoff, Arch. f. Gynaec. 42, (1892), 305
- Fenning, Am. Journ. Obstr. and Gynec. 58, (1942), 791
- Fochem, K. Narik, G. Ztschr. f. Geburtsh. 149, (1958), 347
- Fochem, K., Narik, G. Geburtsh. und Frauenh. 15 (1955), 401
- Föppel, A. Vorlesungen über techn. Mechanik, III, (1951)
- Foster, R., Queralty, A. J. A. Toko-ginecol. Pract. 12, (1954), 571
- Varela, A.

- Guggisberg, H. Biol. und Pathol. des Weibes VIII (1952), 91
- Hellmann, L. M. Am. Journ. Obstr. and Gynec. 74, (1957), 1018
- Triconi, V. Gupta, O.
- Hensen, H. Arch. f. Gynaec. 55, (1898), 129
- Höfling, O. Lehrbuch der Physik. Dümmler Verlag, Stuttgart, 1955
- Hörmann, K. Arch. f. Gynaec. 75, (1905), 527
- Huber, R. Gynaec. 141, (1956), 149
- Houwink, R. Elastizität und Plastizität und Struktur der Materie.
- Ingelmann-Sundberg, A. Journ. Obstr. and Gynec. of the Brit. Empire 62,
Lindgren, L. (1955)
- Ingelmann-Sundberg, A. Journ. Obstr. and Gynec. of the Brit. Empire 60,
Lindgren, L. (1953), 321
- Jaschke, R. Biol. und Pathol. des Weibes VII (1952), 602
- Kaletsch, R. Arch. f. Gynaec. 188, (1957), 338
- Karlson, S. Acta obstr. et gynec. scandinav. 24, (1944)
- Kehrer, E. Biol. und Pathol. des Weibes VII (1952), 329
- Kehrer, E., Lahm, W. Arch. f. Gynaec. 112, (1920), 524
- Kelly, J. V., Posse, N. Am. Journ. Obstr. and Gynec. 74, (1957), 124
- Knaus, H. Ztschr. f. Geburtsh. 129, (1948), 122
- Lindgren, L. Acta obstr. gynec. scand. 34, (1955), 2
- Lorands, S. Gynaecol. 129, (1950), 405
- Martius, H. Lehrbuch der Geburtshilfe. Thieme Verlag Stuttgart, 1956
- Noyons, Uexküll, J. Ztschr. f. Biologie 55, (1911), 139
- Podleschka, K. Arch. f. Gynaec. 152, (1933), 159
- Reynolds, S. R. M. Proc. of the Royal Soc. of Medic.
- Reynolds, S. R. M. The Physiology of the Uterus. (1955)
- Reynolds, S. R. M. Proc. Roy. Soc. Med. 44, (1951), 695

- Schatz, F. Arch. f. Gynaec. 3, (1871), 1
- Schatz, F. Arch. f. Gynaec. 4, (1872), 34
- Sellheim, H. Die Geburt des Menschen. (1913) Wiesbaden
- Smyth, C. N., Nixon, W. C. W. Journ. Obstr. and Gynec. Brit. Empire 64, (1957), 35
- Smyth, C. N. Journ. Obstr. and Gynec. Brit. Empire 64, (1957), 59
- Stegmann, H. Geburtsh. und Frauenh. 14, (1954), 52
- Szecs, K. S. Zentralb. f. Gynaec. 78, (1956), 739
- Terresvary, N. Zentralbl. f. Gynaec. 56, (1932), 130
- Wagner, H. Arch. f. Gynaec. 179, (1950), 105
- Wahl, F. H. Arch. f. Gynaec. 157, (1934),
- Wasenius, H. Arch. f. Gynaec. 84, (1912), 539
- Wieloch, J. Zentralbl. f. Gynaec. 51, (1927), 129
- Williams, E. Medizinal - Markt 7, (1956), 252
- Williams, E. A. The Lancet, 330, (1952), 6703
- Stallworthy, J. A.
- Wolf, W. Arch. f. Gynaec. 171, (1941), 603
- Wolf, W. Arch. f. Gynaec. 164, (1937), 416
- Woodbury, R. A. Am. Journ. of Physiology 121, (1938), 640
- Hamilton, W. F.
- Torpin, R.
- Zippel, R. Münch. med. Wschr. 94, (1952), 2006

Herrn Prof. Dr. Langreder danke ich für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Schwalm, an dessen Klinik ich die Untersuchungen vornehmen durfte.

LEBENS LAUF

Am 13. Dezember 1935 wurde ich in Montabaur als Tochter des Amtsgerichtsdirektors Dr. Georg Loos und dessen Ehefrau Hildegard geb. Morscheuser geboren.

Ab Herbst 1942 besuchte ich die Volksschule in Obermoschel/Pfalz, ab Herbst 1946 die Maria Ward-Schule in Mainz. Dort legte ich im Februar 1955 die Reifeprüfung ab.

Seit dem Sommersemester 1955 studiere ich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz Medizin. Am 28. Oktober 1957 bestand ich die ärztliche Vorprüfung und bin jetzt im dritten klinischen Semester.

Gisela Loos

